

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **11002515 A**(43) Date of publication of application: **06.01.99**

(51) Int. Cl.

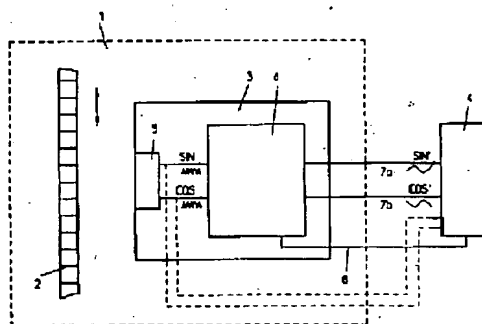
**G01B 21/00****G01B 11/00**(21) Application number: **10102944**(22) Date of filing: **14.04.98**(30) Priority: **16.04.97 DE 97 19715742**  
**25.09.97 DE 97 19742317**(71) Applicant: **DR JOHANNES HEIDENHAIN GMBH**(72) Inventor: **HAGL RAINER DR**  
**HAUSSCHMID MATHIAS**  
**SPANNER ERWIN**  
**THIEL JUERGEN**  
**STREITWIESER JOHANN**(54) **POSITION MEASURING DEVICE AND METHOD FOR DRIVING THE SAME**

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a measuring action with as little error as possible even if measuring distance or time is long by eliminating a processing speed problem when a position measuring device having a short signal period and high resolution is used.

**SOLUTION:** This device has graduations 2 on a pointer scale and a scanning unit 3 that moves with respect to the graduations. Analog increment signals SIN, COS caused by the position measuring device 1 and produced by pointer scale scanning are introduced into a signal frequency changing unit 6. The signal frequency changing unit 6 can vary the signal period of analog scan signals to hold it constant according to the desired or required signal period or frequency. The analog increment signals SIN', COS' corrected are transferred via signal transmission conductors 7a, 7b to an evaluation unit 4 installed behind the device for further processing.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-2515

(43) 公開日 平成11年(1999) 1月6日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

G 0 1 B 21/00

識別記号

11/00

F I

G 0 1 B 21/00

11/00

G

C

G

F

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平10-102944

(22) 出願日 平成10年(1998) 4月14日

(31) 優先権主張番号 1 9 7 1 5 7 4 2 : 4

(32) 優先日 1997年4月16日

(33) 優先権主張国 ドイツ (DE)

(31) 優先権主張番号 1 9 7 4 2 3 1 7 : 5

(32) 優先日 1997年9月25日

(33) 優先権主張国 ドイツ (DE)

(71) 出願人 390014281

ドクトル・ヨハネス・ハイデンハイン・ゲ  
ゼルシャフト・ミット・ベシユレンクテ  
ル・ハフツング

DR. JOHANNES HEIDEN  
HAIN GESELLSCHAFT M  
IT BESCHRANKTER HAF  
TUNG

ドイツ連邦共和国、83301 トラウンロイ  
ト、ドクトル・ヨハネス・ハイデンハイン  
ーシュラーセ、5

(74) 代理人 弁理士 江崎 光史 (外3名)

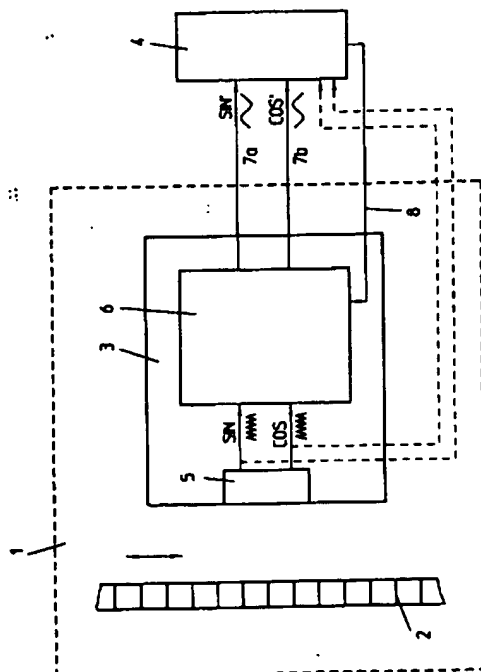
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 位置測定装置および位置測定装置を駆動する方法

(57) 【要約】 (修正有)

【解決手段】 目盛板の目盛2とこれに対して移動する走査ユニット3を有する。位置測定装置1で生じ、目盛板走査により発生するアナログ増分信号SIN、COSは、信号周期可変ユニット6に導入される。この信号周期可変ユニット6により、望むあるいは必要な信号周期ないしは信号周波数に応じて、アナログ走査信号の信号周期を一定に可変できる。修正されたアナログ増分信号SIN'、COS'は信号伝送導線7a、7bを介して更なる処理のために後置されている評価ユニット4に伝送される。

【効果】 この発明による位置測定装置および位置測定装置を動作させる方法を用いると、信号周期が短い高分解能の位置測定装置を用いる時に処理速度の問題を排除できる。また、位置測定装置の分解能に関して速度に依存する種々の要請を満たすことができる。更に、測定距離が長かったり測定時間が長くて、できる限り誤差の少ない測定動作が得られる。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 相対運動する二つの物体の相対位置を測定する位置測定装置において、相対運動する場合に前記位置測定装置が少なくとも一対の位相のずれたアナログ増分信号SIN、COSを出力し、信号周期可変ユニット(6)により後置されている評価ユニット(4)に伝送するアナログ増分信号SIN'、COS'の信号周期SPを少なくとも一つの信号周期の可変係数nほど規定通りに可変できることを特徴とする位置測定装置。

【請求項2】 評価ユニット(4)は少なくとも一つの制御導線(8)を介して信号周期可変ユニット(6)に接続し、この信号周期可変ユニット(6)によりアナログ増分信号SIN、COSの信号周期SPを可変するため制御信号を伝送できることを特徴とする請求項1に記載の位置測定装置。

【請求項3】 信号周期可変ユニット(6)は少なくとも一つの第一内挿ユニット(9)と、出力側に配置された少なくとも一つのデジタル・アナログ変換器(12A、12B)を制御する少なくとも一つの換算表を持つ記憶回路(11)を有することを特徴とする請求項1に記載の位置測定装置。

【請求項4】 信号周期可変ユニット(26)は少なくとも一つの換算表(21A、21B)を持つ少なくとも一つの記憶回路(41)を有し、この記憶回路はアドレス指定され制御可能な表領域(21A<sub>1</sub>-21A<sub>n</sub>、21B<sub>1</sub>-21B<sub>n</sub>)を有し、これ等の表領域にはそれぞれ評価ユニットに伝送すべき増分信号SIN'、COS'の特定の信号振幅値が付属していることを特徴とする請求項1に記載の位置測定装置。

【請求項5】 信号周期可変ユニット(26)は、入力側に内挿されたデジタル信号を発生する内挿ユニット(29)と方向識別ユニット(23)を有し、これ等のユニットには位置測定装置から供給された増分信号SIN、COSを導入でき、更に、内挿ユニット(29)と方向識別ユニット(23)の出力端にはアドレス計数ユニット(24)が後置されていて、このアドレス計数ユニット(24)により、出力側で記憶回路(41)の少なくとも一つの換算表(21A、21B)のアドレス指定された表領域(21A<sub>1</sub>-21A<sub>n</sub>、21B<sub>1</sub>-21B<sub>n</sub>)が制御できることを特徴とする請求項4に記載の位置測定装置。

【請求項6】 信号周期可変ユニット(26)は修正手段(25、27、28)として入力計数ユニット(25)、通過計数ユニット(38)およびプロセッサユニット(27)を有し、

入力計数ユニット(25)には内挿ユニット(29)の出力信号を導入でき、それにより実際の目標位置測定値SPMを求めることができ、

通過計数ユニット(38)は実行された行為の数を少なくとも一つの換算表(21A、21B)により決定し、

2

プロセッサユニット(27)は、入力計数ユニット(25)の出力信号により連続的に実際の目標位置の測定値を決定し、アドレス計数ユニット(24)の実際の状態と通過計数ユニット(38)の実際の状態から与えられる実際の実測位置測定値IPMと比較し、目標位置の測定値SPMと実測位置の測定値IPMにずれがある場合、アドレス計数ユニット(24)のアドレス計数値AZWを一定に可変するように形成されていることを特徴とする請求項5に記載の位置測定装置。

【請求項7】 更に、修正手段は測定環境に関するパラメータp、T、fを連続センサ測定する検出手段(39)を有し、検出したパラメータp、T、fをプロセッサユニット(27)に導入し、このプロセッサユニット(27)が実際の実測位置の測定値IPMを測定するため、これ等のパラメータを使用することを特徴とする請求項6に記載の位置測定装置。

【請求項8】 相対運動する二つの物体の相対位置を測定する位置測定装置を操作する方法において、相対運動する場合に、前記位置測定装置が少なくとも一対の位相のずれたアナログ信号SIN、COSを出力し、信号周期可変ユニット(6)により後置されている評価ユニット(4)に伝送するアナログ増分信号SIN'、COS'の信号周期SP'を少なくとも一つの信号周期の可変係数nほど規定通りに可変できることを特徴とする方法。

【請求項9】 信号周期を可変するため、信号周期可変ユニット(6)と後置されている評価ユニット(4)の間の制御導線(8)を介して、その時の実際の信号周期SPを他の信号周期SP'に一定に切り換える制御信号が評価ユニット(4)から信号周期可変ユニット(6)へ伝送されることを特徴とする請求項8に記載の方法。

【請求項10】 アナログ増分信号SIN、COSの信号周期SPの可変は、一定の切替時点t<sub>1</sub>で行われ、ここでは増分信号SIN、COSの一方の零点が生じることを特徴とする請求項8に記載の方法。

【請求項11】 更に、信号周期可変ユニット(26)に付属する修正手段(25、27、38)により生じる誤差は信号周期を可変する時に除去されることを特徴とする請求項8に記載の方法。

【請求項12】 信号周期SPは少なくとも一つの換算表(21A、21B)により可変され、この換算表は信号周期可変ユニット(26)に付属し、記憶回路(41)の中に保管され、多数のアドレス指定された表領域(21A<sub>1</sub>-21A<sub>n</sub>、21B<sub>1</sub>-21B<sub>n</sub>)を有し、これ等の表領域は評価ユニットに伝送すべき増分信号SIN'、COS'のそれぞれ一定の信号振幅が付属していることを特徴とする請求項8に記載の方法。

【請求項13】 位置測定装置から供給された位相のずれた一対の増分信号SIN、COSはそれぞれ内挿ユニット(29)と方向識別ユニット(23)に導入され、

50

これ等のユニットの出力端にはアドレス計数ユニット(24)が後置配置され、アドレス計数ユニット(24)により出力側で記憶回路(41)の少なくとも一つの換算表(21A, 21B)のアドレス指定された表領域(21A<sub>1</sub> - 21A<sub>n</sub>, 21B<sub>1</sub> - 21B<sub>n</sub>)が制御されることを特徴とする請求項12に記載の方法。

【請求項14】 位置測定で測定時に生じる誤差を修正するため、

入力計数ユニット(25)に内挿ユニット(29)の出力信号を導入し、これ等の出力信号が実際の目標位置の測定値SPMを求めるために使用され、

少なくとも一つの換算表(21A, 21B)により実行された施行数が通過計数ユニット(38)により決定され、

プロセッサユニット(27)により入力計数ユニット(25)の出力信号から連続的に実際の目標位置の測定値SPMを求めて実際の実測位置の測定値IPMと比較し、前記測定値IPMはアドレス計数ユニット(24)の実際の状態と通過計数ユニット(38)の実際の状態とから与えられ、目標位置の測定値SPMと実測位置の測定値IPMにずれが確認された場合、アドレス計数ユニット(24)のアドレス計数値AZWがプロセッサユニット(27)により一定に可変される、ことを特徴とする請求項11に記載の方法。

【請求項15】 位置測定で測定時に生じる誤差を修正するため、更に連続的に測定環境に関するパラメータp, T, fを検出し、これ等のパラメータをプロセッサユニット(27)に導入し、このプロセッサユニット(27)により更に実際の実測位置の測定値IPMを決定するために使用されることを特徴とする請求項11に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、位置測定装置、および位置測定装置を操作する方法に関する。特に、この発明による処置は増分式位置測定装置に関連して有利に使用できる。

【0002】

【従来の技術】周知の増分式位置測定装置により、既にデジタル化されているか、あるいは矩形波状の増分信号を伝送することの他に、正弦波状のアナログ増分信号を後続する評価ユニットに伝送することもできる。この場合、アナログ増分信号は種々の方法で発生させることができる。例えば、部材で形成されている測定目盛を光学、磁気、誘導あるいは容量的に走査して発生させることができる。この外、位置に依存するアナログ増分信号は干渉計でも発生させることができる。この場合、部材による目盛板構造体の代わりに、光の波長あるいはその分割部分が目盛の基準を形成する。例えばマイクロ波、音響波等を使用した場合、他の波の分割部分を目盛の基

準として使用することも基本的に考えられる。

【0003】アナログ増分信号の伝送を行う場合には、まず評価ユニット側で、信号の更なる処理、例えば内挿により信号の更なる分割が行われる。アナログ増分信号をその時の位置測定装置から評価ユニットに伝送すると、例えば測定過程を同じに保っている場合、伝送周期が小さく、測定過程が少ない場合、許容移動速度が比較的高いような若干の利点が生じる。

【0004】分解能が高く、それに応じて信号周期が短い位置測定装置、例えばレーザー干渉計あるいは干渉で動作する光学位置測定装置を使用すると、アナログ増分信号を伝送する時に一連の問題が生じる。例えば、この種の位置測定装置の信号周期が約0.5μmの範囲にあれば、比較的遅い1m/secの移動速度で既に約2MHzの程度のアナログ増分信号の高い信号周波数が生じる。しかし、この種の周波数の高いアナログ増分信号をどの評価ユニットも処理できるわけではない。更に、周波数の高い増分信号を遠距離にわたりできる限り乱れのない状態で伝送する場合、問題が生じる。信号伝送時に乱れがある場合には、評価ユニットで位置決定時に誤差が生じる。つまり、特に分解能を高めるため評価ユニット側で行われる信号の内挿では、位置測定装置の理想的で正弦波の増分信号が前提条件となる。

【0005】更に、応用が異なると、位置測定装置から出力されるアナログ増分信号の分解能に関する時として速度に依存する異なった要請が設定される。速度の早い場合には通常位置測定に極端な精度が要求されないが、相対速度が遅いと通常使用する位置測定装置のアナログ増分信号の分解能に関してより高い要請が生じる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】この発明の課題は、一方で信号周期が短い高分解能の位置測定装置を用いる時に上記の問題を排除できる位置測定装置および位置測定装置を動作させる方法を提供することにある。他方で、位置測定装置の分解能に関して速度に依存する種々の要請を満たす必要がある。更に、測定距離が長かったり測定時間が長くても、できる限り誤差の少ない測定動作が望ましい。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記の課題は、この発明により、相対運動する二つの物体の相対位置を測定する位置測定装置にあって、相対運動する場合に前記位置測定装置が少なくとも一対の位相のずれたアナログ増分信号SIN, COSを出力し、信号周期可変ユニット6により後置されている評価ユニット4に伝送するアナログ増分信号SIN', COS'の信号周期SPを少なくとも一つの信号周期の可変係数nほど規定通りに可変できることによって解決されている。

【0008】更に、上記の課題は、この発明により、相対運動する二つの物体の相対位置を測定する位置測定装

置を操作する方法にあって、相対運動する場合に、前記位置測定装置が少なくとも一對の位相のずれたアナログ信号  $SIN$ 、 $COS$  を出力し、信号周期可変ユニット6により後置されている評価ユニット4に伝送するアナログ増分信号  $SIN'$ 、 $COS'$  の信号周期  $SP'$  を少なくとも一つの信号周期の可変係数  $n$  ほど規定通りに可変できることによって解決されている。

【0009】この発明による位置測定装置およびこの発明による方法を構成する有利な処置は特許請求の範囲の各従属請求項の構成により実現される。

【0010】

【発明の実施の形態】この発明によれば、位置測定装置から後置されている評価ユニットへ伝送するアナログ出力信号あるいは増分信号の信号周期あるいは信号周波数を可変できる。特に、ここでは、位置測定装置の分解能が高い場合、あるいは相対速度が早い場合、場合によっては、アナログ増分信号の高すぎる信号周波数を低減できる。この目的に対して、この発明によれば、信号周期可変ユニットが設けられている。このユニットは、例えば位置測定装置に付属しているか、あるいは位置測定装置と後置されている評価ユニットの間に配置されている。当然、可変信号周期あるいは周波数でこのように修正される増分信号の外に、不変なアナログ増分信号を位置測定装置と後置されている評価ユニットの間で伝送することもできる。

【0011】従って、この発明による処置により、基本的にはアナログ増分信号のこのように高い入力周波数を通過させない評価ユニットと結び付けて、高分解能の増分測定システムを使用することが保証される。更に、移動速度も高くできる。何故なら、その時に信号周期を適当に大きくすることができ、これは十分な精度で位置測定する前記使用例で十分である。この時、評価ユニット側では分解能を高めるため伝送された正弦波状および／または余弦波状の増分信号を電子的に分割あるいは内挿する。

【0012】評価ユニットに伝送されたアナログ増分信号の信号周期の可変は、例えば速度に応じて自動的に行われるか、あるいは、例えば付属する評価ユニットがアナログ増分信号の一定の最大入力周波数のみを処理する場合、使用者により手動でも行われる。この発明による思想は、部材で形成されている目盛板の目盛を持つ位置測定装置で採用でき、目盛基準として例えば光の波長あるいはその分割部分を利用する位置測定装置、つまり干渉計でも採用できる。特に、後に述べた場合では、この発明に基づき他の有利な構成の可能性が生じる。このことは、この種の位置測定装置で増分信号ユニットを一定のユニットに変換することが必要であるおよび／または広がった周囲の影響を相殺する場合に特別な利点を与える。更に、この発明による処置はこの種の位置測定装置を長い測定距離および／または長い測定時間にわたり誤

りなく使用することも保証する。

【0013】

【実施例】この発明による位置測定装置あるいはこの発明による方法の他の利点およびその詳細は、添付図面に基づく以下の実施例の説明から明になる。図1に示すこの発明による位置測定装置1の第一実施例は目盛板の目盛2とこれに対して移動する走査ユニット3を有する。位置測定装置2で生じ、場合によって、修正されたアナログ増分信号  $SIN'$ 、 $COS'$  は信号伝送導線7a, 7bを介して更なる処理のために後置されている評価ユニット4に伝送される。目盛板の目盛2と走査ユニット3は、例えば工作機械の相対運動する二つの部品に連結し、両者の相対位置を高精度に測定する。評価ユニット4としては、この場合、工作機械の通常の数値制御部を使用する。

【0014】模式的に示す直線的に相対運動を検出するこの実施例の外に、回転位置測定装置も当然この発明により構成できる。目盛板の目盛2と走査ユニット3が相対運動すると、信号発生ユニット5により周期的に変調されたアナログ増分信号  $SIN$ 、 $COS$  が発生する。その場合、少なくとも二つの、好ましくは  $90^\circ$  位相のずれた周期的に変調された信号が必要である。これ等の信号を目盛板の目盛2と走査ユニット3の相対位置に関する位置情報や対応する方向情報にも利用する。基本的には、他の特定の位相差、例えば  $120^\circ$  も用いることができる。

【0015】模式的に示す信号発生ユニット5によるアナログ増分信号  $SIN$ 、 $COS$  の発生は多種多様な形で行える。即ち、これには、周知のように、例えば図1に示すように、適当な目盛板の目盛2を走査する場合、光学、磁気、誘導あるいは容量的な走査原理を採用できる。それ故、図1では実際の走査原理に関する詳細をそれ以上示すこともなく、必要な信号発生ユニット5のみを模式的に示すだけである。

【0016】例えば、光学位置測定装置1の場合、反射式に形成された目盛板の目盛2を走査ユニット3で走査する。そうすると、アナログ増分信号  $SIN$ 、 $COS$  の発生に必要な信号発生ユニット5には一つまたはそれ以上の光源と光電検出素子があり、これ等の部材により目盛板の目盛2から反射したビーム束を検出する。更に、後に説明するこの発明による処置は、基本的に物体で形成されている目盛板の目盛のある位置測定装置にのみ採用できるのでなく、むしろ、干渉計で形成される位置測定装置にも使用でき、ここでは目盛の基準は使用する光の波長で与えられる。干渉計で形成された位置測定装置の側でアナログ増分信号を処理するのに特に適したユニットは、図4に基づき更に詳しく説明する。

【0017】図1に示す第一実施例で目盛板走査により発生するアナログ増分信号  $SIN$ 、 $COS$  は、信号周期可変ユニット6に導入される。このユニットは、図示す

る実施例の場合、走査ユニット3の中に配置されている。この信号周期可変ユニット6により、望むあるいは必要な信号周期ないしは信号周波数に応じて、アナログ走査信号の信号周期を一定に可変できる。信号周期可変ユニット6の可能な形態に関する詳細は、図2の以下の説明で与える。この図には信号周期可変ユニット6の第一実施例が模式的に示してある。信号周期可変ユニット6で修正されるアナログ増分信号SIN, COSは、次いで信号伝送導線7a, 7bを経由して修正されたアナログ増分信号SIN', COS' として更に処理するために後置されている評価ユニット4に伝送される。この場合、修正された増分信号SIN', COS' は通常位置測定装置1の側で発生した元のアナログ走査信号SIN, COSより大きい信号周期あるいは小さい信号周波数を保有する。

【0018】更に、図1には評価ユニット4を位置測定装置1、特に信号周期可変ユニット6に接続する制御導線8も示してある。一つまたはそれ以上の制御導線8を介して評価ユニット4の側から信号周期の望むあるいは必要な可変が一定の制御信号により要求される。制御導線8としては独立した付加的な接続導線を設けてもよい。しかし、位置測定装置1と評価ユニット4の間の既存の接続導線をこのために利用することもできる。最後に述べた場合では、例えば適当な制御信号を電源導線あるいは他の適当な接続導線で可変できる。

【0019】図1には、更に信号発生ユニット5と評価ユニット4の間の直接接続が破線の形で示してある。従って、変化していない増分信号SIN, COSを位置測定装置1から評価ユニット4に伝送することも当然可能であり、そのため信号周期の可変が信号周期可変ユニット6で行われないことが分かる。変化していない増分信号SIN, COSの伝送は、図1に示すように、独立した一つの信号伝送導線を経由して行われるか、二つの信号伝送導線7a, 7bを経由して行われる。従って、最後の場合、アナログ増分信号SIN, COSは信号周期可変ユニット6を通過するが、信号周期あるいは信号周波数に変化はない。

【0020】評価ユニット4に送るアナログ増分信号SIN, COSの信号周期の可変は、種々の理由から必要である。例えば、高分解能の位置測定装置1は比較的小さな信号周期のアナログ増分信号SIN, COSを出力するので、評価ユニット4の側の入力側では入力する増分信号の周波数が高くなり、これにより処理が出来なくなる。このような場合には、信号周期の増大あるいは信号周波数の低減が必要になる。

【0021】目盛板の目盛2と走査ユニット3の間の移動速度が早い場合にも伝送されたアナログ増分信号の信号周期が短く、あるいは信号周波数が高くなり、信号周期の増大あるいは信号周波数の低減を必要とする。後に、場合によって、移動速度を遅くするなら、当然アナ

ログ増分信号SIN, COSの信号周期を短く変換し、新たに位置測定でより高い分解能を使用することになる。

【0022】信号周期を増大させることが必要な場合では、主にその時の信号周期に少なくとも一つの信号周期可変係数nを乗算する。例えば、上に説明した理由により必要となれば、アナログ増分信号SIN, COSの信号周期を増大させるこの種の多数の係数 $n = 1, 4, 8, 16$ を予め用意してもよい。整数の信号周期可変係数nの外に、例えば干渉計の場合、適当な非整数の可変係数nも当然この発明により選択できる。

【0023】アナログ増分信号SIN, COSの信号周期の必要な可変は、先ず制御導線8で対応する制御信号を評価ユニット4から位置測定装置1に既に述べたように伝送して行われる。しかし、この外に代わりとして一定の望む信号周期を使用者により例えば適当な図示していないスイッチ素子により位置測定装置1の側で手動で設定することも行われる。

【0024】更に、評価ユニット4から伝送される制御信号により信号周期を可変する場合には、信号周期の可変を速度に応じて自動的に行うことができる。この場合、一定の移動速度を越えと、測定動作中に制御信号を適当に伝送してそれに合わせて増大させた信号周期のアナログ増分信号SIN', COS' の出力に切り換わる。これに応じて、この移動速度を再び下回ると、アナログ増分信号の信号周期が再び減少する。

【0025】伝送されたアナログ増分信号SIN, COSの信号周期のこのように速度に依存する可変は、異なった利用可能な二つ以上の信号周期に結び付けても当然実現できる。つまり、例えば多数の速度範囲に適した信号周期あるいは乗算係数nをアナログ増分信号SIN, COSに対して設け、それ等の中でその都度速度に応じて切り換える。

【0026】伝送されたアナログ増分信号SIN, COSの信号周期を自動的に可変するのに必要な速度検出は、多くの方法で行える。例えばこのために独立した速度検出器を使用してもよい。同様に、この方法で実際の移動速度に関する情報を利用するためアナログ増分信号SIN, COSの周波数のみを検出することもできる。対応する速度情報は、一定の速度でアナログ増分信号SIN, COSの信号周期の可変を要求するため、その時の評価ユニット4により利用される。

【0027】信号周期可変ユニット6の可能な第一実施例を以下に図2の図面に基づき詳しく説明する。この場合、図示する実施例は特に図1の位置測定装置に結び付けて使用できる。信号発生ユニット5で発生したアナログ増分信号SIN, COSは信号周期可変ユニット6に導入され、入力側で第一内挿ユニット9および第二内挿ユニット10に達する。第一内挿ユニット9は周知のようにアナログ増分信号SIN, COSの多重分割、例え

10

20

30

40

50

ば係数 100ほどの分割を行うが、第二内挿ユニット10では各信号零点の計数を行う。出力側で両方の内挿ユニット9、10はそれぞれ一つのデジタル値を出力し、このデジタル値は後置されている記憶回路11に伝送されるか、あるいはこの記憶回路をアドレス指定するために使用される。この記憶回路11は、アナログ増分信号SIN, COSの信号周期の種々の可変係数nに対する一連の換算表を含む。従って、可変係数nに対して対応する換算表が使用される。信号周期の望む増大に応じて換算表により伝送された二つのデジタル値から与えられる二つの信号のそれぞれの位置の値に可変された一定の位置の値が付属している。その結果、それぞれ信号周期が増加した信号波形が生じる。出力側で記憶回路11はこのような信号処理に従い後置されているデジタル・アナログ変換器の制御信号を出力する。このデジタル・アナログ変換器は準アナログ的な正弦および余弦波形の増分信号SIN', COS'を発生する。これ等の修正された増分信号SIN', COS'は次いで評価ユニットに伝送される。

【0028】信号周期PSを可変する直ぐ前、あるいは可変した直後の少なくとも一つのアナログ増分信号の信号波形図を図3に示す。図3の左半分には、信号発生ユニット5から出力されたアナログ増分信号SINを見ることができ、この信号の信号周期SPを可変する。時点t<sub>0</sub>では、例えば上に述べた評価ユニットの制御信号を伝送して信号周期SPを増大させる要請が行われる。アナログ増分信号SINの他の信号周期SPになると、切換時点t<sub>0</sub>で信号周期可変ユニットにより信号周期SPが可変される。即ち、図示する例では、信号周期SPが係数n=4ほど増大されている。切換時点t<sub>0</sub>の以降では、信号周期SP'および信号周波数に修正された増分信号SIN'が評価ユニットに伝送される。この場合、切換時点t<sub>0</sub>はアナログ増分信号SINの零点で他のアナログ周期SP'に切り換わるように一定に選択されている。

【0029】図3には修正された増分信号SIN'の量子化が誇張した形で示してある。増分信号SIN'の理想的な正弦波形が破線で記入されている。この場合、量子化された増分信号SIN'は、信号周期可変ユニット中のデジタル・アナログ変換器の分解能を高く選べば、それだけ良好に理想的な正弦波形に一致する。適当な信号周期可変ユニット26の第二実施例を図4に模式図にして示す。特に、この実施態様は、干渉計に形成された位置測定装置に結び付けているのに適している。当然のことながら、この第一実施例で説明した処置が以下の実施例に結び付けても実現される。

【0030】評価ユニットに送るアナログ増分信号の信号周期を可変するか、あるいは信号周期を一定に指定する代わりの可能性の外に、第二実施例について種々の修正手段も以下に説明する。これ等の手段は位置測定時に

発生する種々の誤差を除去するために使用される。周知の干渉装置（図示せず）で発生した一対の位相のずれた増分信号SIN, COSは、再び信号周期可変ユニット26に導入される。このユニットは、先の例の場合のように、主に信号周期の可変を引き受け、出力側でそれに合わせて修正されたアナログ増分信号SIN', COS'を出力する。これ等の増分信号は信号伝送導線37a, 37bを介して更なる処理をする評価ユニット（図示せず）に伝送される。そこで、例えば電子的な信号内挿等が行われる。

【0031】位置測定装置あるいは干渉計から出力された増分信号SIN, COSは信号周期可変ユニット26中で内挿ユニット29および方向識別ユニット23に導入される。内挿ユニット29により入力信号SIN, COSが周知の方法で更に電子分割される。つまり、内挿ユニット29は出力側で内挿されたデジタル信号DSあるいは入力信号SIN, COSより周波数の高い矩形パルスを出力する。方向識別ユニット23により、90°位相のずれた二つの増分信号SIN, COSに基づき相対運動する二つの部品の運動方向に関する方向信号RSを出力し、両方の部品の相対位置を測定する。

【0032】内挿デジタル信号DSおよび方向信号RSもデータ導線36と38を介してアドレス計数ユニット24に導入される。運動方向、あるいは受け取った方向信号RSに応じて、アドレス計数ユニット24では、アドレス計数值AZWの変更が行われる。前進移動の場合には、矩形パルス毎にアドレス計数值AZWは例えば一定の値ほどカウントアップ、もしくは計数される。後退移動の場合には、矩形パルス毎にアドレス計数值AZWを低下させるか、もしくはカウントダウンさせる。内挿ユニット29の矩形パルスあるいはデジタル信号DSが出力しないなら、アドレス計数值AZWは不変である。

【0033】アドレス計数ユニット24の後には、記憶回路41が配置されている。この記憶回路41には、図示する実施例の場合、正弦値の表と余弦値の表の形をした二つの換算表21A, 21Bがある。この換算表21A, 21Bはそれぞれk個のアドレス指定された表領域21A<sub>1</sub>~21A<sub>k</sub>, 21B<sub>1</sub>~21B<sub>k</sub>で構成され、各k個の表領域21A<sub>1</sub>~21A<sub>k</sub>, 21B<sub>1</sub>~21B<sub>k</sub>には正弦関数あるいは余弦関数の少なくとも1周期の信号振幅が保管されている。個々のk個の表領域21A<sub>1</sub>~21A<sub>k</sub>, 21B<sub>1</sub>~21B<sub>k</sub>はアドレス指示器34A, 34Bを介してアドレス計数ユニット24により制御される。このように制御される表領域21A<sub>1</sub>~21A<sub>k</sub>, 21B<sub>1</sub>~21B<sub>k</sub>の信号振幅は、次にそれぞれデジタル・アナログ変換器22A, 22Bに伝送され、これにより再びアナログ増分信号SIN', COS'が形成され、評価ユニットに送られる。更に、デジタル・アナログ変換器22A, 22Bの後には、それぞれ一つの適当なフィルタ電子回路（図示せず）が配置されている。これ等のフィルタ電子回路は得

11

られたアナログ増分信号 $SIN'$ 、 $COS'$ を評価ユニットに送る前に適当に平滑化する。

【0034】図示する実施例では、それぞれ一つの換算表21A、21Bを制御する二つのアドレス表示器34A、34Bの応答するアドレス計数ユニット24の出力が使用される。しかし、この外に、この発明の枠内で代わりの実施態様も幾つか実現できる。つまり、第二実施例では、アドレス計数ユニットの出力側にただ一つのアドレス表示器があり、このアドレス表示器がただ一つの換算表を制御する。この場合に選択すべき組み合わせた換算表の表領域には、第一実施例に比べて二倍の記憶幅があるので、そこには、それぞれ組み合わせた形で正弦関数および余弦関数のデジタル信号振幅値が保管されている。

【0035】最後に、第三実施例では、アドレス計数ユニットの二つのアドレス指示器がただ一つの換算表を指示し、その中に、例えば正弦関数のデジタル信号振幅値を保管することが行われている。しかし、二つのアドレス指示器の間には、 $90^\circ$ の位相差があるので、この方法により、出力信号に対する正弦関数および余弦関数の位相のずれた信号振幅値を後置されているデジタル・アナログ変換器に受け渡すことができる。

【0036】アナログ増分信号 $SIN'$ 、 $COS'$ の出力側で可変する信号周期 $SP'$ は、図示する実施例の場合、以下に説明する方式で生じる。この場合、入力信号周期 $SP$ の可変はただ整数の信号周期可変係数 $n$ ほど可能である。即ち、 $SP' = n * SP$ である。つまり、 $1\mu m$ 、 $2\mu m$ 、 $4\mu m$ と $10\mu m$ のアナログ増分信号 $SIN'$ 、 $COS'$ の出力側の信号周期 $SP'$ が生じる。従って、出力側で使用できる信号周期 $SP'$ は互いに整数比の関係が成り立つ。入力側では、干渉計に放出波長 $\lambda = 633\text{ nm}$ のHe-Neレーザーを使用する場合、 $\lambda/2 = 633/2\text{ nm}$ の信号 $SIN$ 、 $COS$ の信号周期 $SP$ が与えられる。この例では、両方の換算表21A、21Bに、出力信号周期 $SP'$ の最小共通倍である信号周期を持つ正弦関数あるいは余弦関数のデジタル信号振幅値が保管されている。つまり、 $20\mu m$ の信号周期を持つ正弦関数と余弦関数である。

【0037】出力側で必要な信号周期に応じて、アドレス表示器34A、34Bは矩形パルス毎に内挿ユニット29から異なった制御ステップ幅で増分される。つまり、換算表21A、21Bの異なった表領域21A<sub>1</sub>～21A<sub>4</sub>、21B<sub>1</sub>～21B<sub>4</sub>に応答する。例えば、出力側で信号周期 $10\mu m$ のアナログ増分信号 $SIN'$ 、 $COS'$ を望むなら、制御ステップ幅は矩形パルス毎に2テーブルステップとなる。つまり、表領域21A<sub>1</sub>の後に続いてアドレス表示器により表領域21A<sub>2</sub>が制御される等である。 $4\mu m$ の信号周期が必要である場合には、アドレス表示器34A、34Bに対する制御ステップ幅は5テーブルステップとなる等である。従って、各信号周期の

12

可変係数 $n$ にはアドレス表示器34A、34Bの一定の制御ステップ幅が付属している。

【0038】従って、換算表21A、21Bには信号周期可変ユニット26のこのような実施例の場合、正弦関数および/または余弦関数のデジタル信号振幅値が保管されている。これは、出力側で望まれるアナログ増分信号 $SIN'$ 、 $COS'$ の信号周期 $SP'$ に相当するか、あるいはアナログ増分信号 $SIN'$ 、 $COS'$ の望む全ての信号周期 $SP'$ に対して整数の割合になっている。

【0039】アナログ増分信号の可変信号周期をこのように実現する代わりに、前に説明した図2の実施例のように、信号周期可変ユニットの対応する記憶回路に、望む分解の各々に対して、あるいは出力側で必要な信号周期の各々に対して、正弦関数および/または余弦関数の独立した換算表を保管している。説明した二つの可能性を適当に組み合わせることも当然できる。例えば、図4に基づき説明した可変に関して一定の整数の信号周期の割合を実現させ、アナログ増分信号の他の信号周期を既に説明したように独立した換算表に基づき実現すること等々も考えられる。

【0040】既に上に説明したように、この実施例の信号周期可変ユニット26には、更に位置測定または信号周期の可変時に誤差を取り除くあるいは最小にする種々の修正手段がある。修正手段としては、入力計数ユニット25、通過計数ユニット38およびプロセッサユニット27を挙げることができる。信号周期可変ユニット26中のこれ等の動作を以下に説明する。

【0041】既に上で説明したデジタル信号 $DS$ あるいは矩形パルスの形の内挿ユニット29の出力信号は、データ導線28を介して入力計数ユニット25にも導入される。つまり、実際の入力計数値 $EZW$ は今まで伝送された内挿ユニット29の矩形パルスの数を表す。入力計数値 $EZW$ に所定の信号周期 $SP$ を乗算して、つまり、空気中の干渉計の波長 $\lambda_{\text{vac}}$ の適当な分数を、内挿なしで多重評価する場合、通常 $\lambda_{\text{vac}}/8$ を乗算して、位置を連続的に測定する場合、実際の目標位置の測定値 $SPM$ 、

$$SPM = EZW * \lambda_{\text{vac}} / 8 \quad (\text{式1})$$

となる。この場合、 $\lambda_{\text{vac}}/8$ は入力信号 $SIN$ 、 $COS$ の信号周期である。説明した乗算の形で目標位置の測定値 $SPM$ をこのようにして求めることは、入力計数ユニット25の後に配置されたプロセッサユニット27により行われる。この場合、プロセッサユニット27は当然プロセッサの代わりに形成されている。つまり、例えば適当なデジタル論理回路等で形成されている。

【0042】同様に既に上に述べたアドレス計数ユニットの後は、通過計数ユニット38が配置されている。従って、一定の通過計数値 $DZW$ は換算表21A、21Bにより今まで行ったアドレス表示器34A、34Bの通過数を表すか、あるいは実際の実測値の測定値 $IPM$ の全



信号周期の成分を表す。データ導線31を介してプロセッサユニット27に伝送される実際のアドレス計数値A\*

$$IPM = (DZW + AZW/k) * SP' \quad (式2)$$

目標位置測定値SPMと実測位置測定値IPMをこのように求めた後、つぎにプロセッサユニット27により両方の測定値SPMとIPMの比較が行われる。両方の測定値SPMとIPMの間にずれ確認されれば、次にプロセッサユニット27によりデータ導線30を介してアドレス計数ユニット24はアドレス計数値AZWを修正により上下させるように制御される。アドレス計数値AZWを適当に高めたり、あるいは低減させた結果として、換算表21A, 21Bの他の表領域21A<sub>1</sub>~21A<sub>k</sub>, 21B<sub>1</sub>~21B<sub>k</sub>が制御され、こうして修正されたアナログ増分信号SIN', COS'が発生する。

【0043】こうして、実測位置測定値IPMと目標位置測定値SPMの間のずれ、従って位置測定での誤差を除去あるいは少なくとも最小にすることができる。このような修正可能な誤差にはここでは種々の原因がある。第一の誤差源は、例えばアナログ増分信号SIN', COS'の所定の信号周期SP'のような、メートル法で与えられる通常の単位に対して使用するレーザー波長λ、つまり使用する目盛基準の非整数比にある。換算表21A, 21Bを通過し、望む出力信号周期SP'を発生する毎に、求めた実測位置の測定値IPMに誤差が生じ、これは主に使用する表領域21A<sub>1</sub>~21A<sub>k</sub>, 21B<sub>1</sub>~21B<sub>k</sub>の数kに依存する。換算表21A, 21Bの何回か通過すると、誤差が累積するので、最後には測定期間および/または測定距離の増加と共に位置測定が必ず不正確になる。

【0044】しかし、先に説明した処置により、修正手段および目標測定値SPMと実測測定値IPMの常時比較により、表領域21A<sub>1</sub>~21A<sub>k</sub>, 21B<sub>1</sub>~21B<sub>k</sub>の最小制御ステップ幅より大きい誤差の場合、アドレス計数値AZWの修正が行われる。この修正は、値SPMとIPMの間で求めたずれが最小の制御ステップ幅より小さくなるまで、アドレス計数値AZWを上下させて行われる。このアドレス計数値AZWのこのような修正が、最小の制御ステップ幅の半分より大きい目標測定値SPMと実測測定値IPMからのずれがある場合に既に行われるなら、更に良好は修正となる。従って、位置測定装置の最大の誤差が制御幅の半分の程度にあることが達成できる。

【0045】測定精度を更に上昇させること、あるいは係数jほどの誤差を更に最小化することは、換算表21A, 21Bの中に必要な信号振幅値の整数値倍jが保管される、つまり対応する正弦関数あるいは余弦関数のj倍の信号周期が保管されるなら達成できる。極端な場合、信号周期が測定距離全体に対応するような数の信号周期が保管される。誤差を最小化する原因は、保管する信号周期が多数の場合、信号周期と波長の間の比による非整

\* ZWに関連して、プロセッサユニット27では実際の実測位置測定値が求まる。つまり、

$$(式2)$$

数の残りが、例えばただ一つの信号周期の場合より小さくなるような処置である点にある。結局、この場合、係数jほど小さい積算誤差が生じる。

【0046】第二の誤差源は、測定中に変動する、例えば空気圧p、温度Tおよび湿度fのような周囲の条件にある。更に、変動する周囲の条件に対して測定空間のその時のガス組成を数えることにある。パラメータp、T、f、および、場合によって、ガス組成により、干渉計で使用するビーム源の波長λ<sub>laser</sub>も変わる。即ち、増分信号SIN, COSの信号周期SPも変わる。しかし、アナログ増分信号SIN', COS'の出力信号側の信号周期SP'が不変である。従って、再び修正なしに、入力側の信号周期SPと出力側の信号周期SP'の間の望む関係SP' = n \* SPが当てはまることが保証されない。このため、図4に示す実施例の場合、信号周期可変ユニット26が設けてあり、このユニット中に目標位置測定値SPMがプロセッサユニット27を介して環境パラメータと一緒に使用する。つまり、SPM = f(p, T, f)。この場合、環境パラメータp、T、fおよび、場合によって、ガスの組成も、式(1)によるSPMの決定時に使用される波長λ<sub>laser</sub>に入る。従って、適当な検出手段39により、センサにより、空気温度、空気湿度および空気圧力のような環境パラメータを連続的に検出し、データ導線33を介してプロセッサユニット27に導入され、目標位置測定値SPMを決定する時に考慮される。これには、プロセッサユニット27中で波長λ<sub>laser</sub>は連続的に周知のエドレン公式(Edlen-Formel)により活性化され、SPMを決定する場合に考慮される。目標位置および実測位置の測定値SPM, ISMにずれがある場合、アドレス計数値AZWを上下させる形で説明した修正を行い、位置測定精度に対する環境の影響も最小にされる。次に、出力側では、アナログ増分信号SIN', COS'は最大な誤差になり、この誤差は、選択した補正のステップ幅に応じて、表領域21A<sub>1</sub>~21A<sub>k</sub>, 21B<sub>1</sub>~21B<sub>k</sub>の分解能の程度内、あるいは表領域の半分の程度内にある。

【0047】説明した環境パラメータの検出の代わりに、測定空間の空気の屈折率を屈折率測定ユニット、例えば屈折計により直接求めることができ、更に処理するためプロセッサユニット27に導入できる。プロセッサユニット27は実際の目標位置の測定値を求めるために更に屈折計の出力信号を使用する。更に、図4にはデータ記憶器40が模式的に示してある。このデータ記憶器には測定装置固有の補償データKDが保管されている。この場合、工作機械で、例えばスピンドル上昇誤差、案内誤差、熱誤差等に関する機械固有な修正データが問題になる。これ等の誤差は、位置測定の際に、環境パラメ

15

ータ $p$ 、 $T$ 、 $f$ に似てプロセッサユニット27にも導入される。プロセッサユニット27によりこのデータ $KD$ も目標位置測定値 $SPM$ の連続的な測定に使用され、説明した修正によりアナログ増分信号の出力時に考慮される。つまり、 $SPM = f(KD)$ 。

【0048】基本的には、この発明による信号周期可変ユニット26により信号周期の変換係数 $n=1$ も選択できる。その結果、これに伴う可能な修正によりただ一定の誤差が位置測定時に除去ないしは最小にされが、入力信号周期 $SP$ と出力信号周期 $SP'$ が不変に維持され、その外、例えば一体に形成された測定目盛を持つ位置測定装置の場合に存在し得る目盛の誤差を予め求めることができ、これに関する適当な修正データを記憶器に保管できる可能性が生じる。プロセッサユニットにより、この測定システム固有な修正データも測定時に計算に入れることができる。

【0049】図示する実施例の外に、この発明による位置測定装置を構成する他の可能性も当然存在する。

【0050】

【発明の効果】以上、説明したように、この発明による位置測定装置および位置測定装置を動作させる方法を用いると、信号周期が短い高分解能の位置測定装置を用いる時に処理速度の問題を排除できる。また、位置測定装置の分解能に関して速度に依存する種々の要請を満たすことができる。更に、測定距離が長かったり測定時間が長くても、できる限り誤差の少ない測定動作が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 後置されている評価ユニットを含むこの発明による位置測定装置の第一実施例の模式図、

【図2】 図1の位置測定装置に採用されているような適当な信号周期可変ユニットの第一実施例のブロック回路図、

【図3】 アナログ増分信号の信号周期を可変する少し前あるいは少し後の図1の位置測定装置の実施例の信号波形のグラフ、

【図4】 特に干渉計で構成された位置測定装置内に採用できるような、信号周期可変ユニットの第二実施例のブロック回路図である。

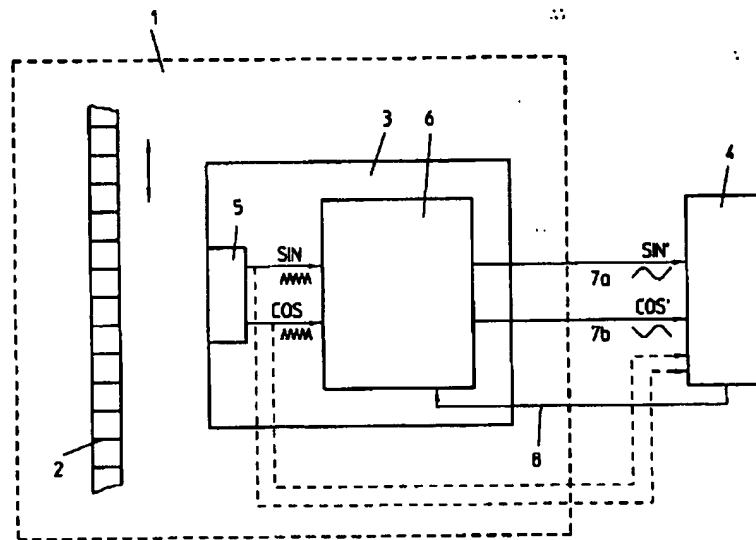
【符号の説明】

- 1 位置測定装置
- 2 目盛板の目盛
- 3 走査ユニット
- 4 評価ユニット

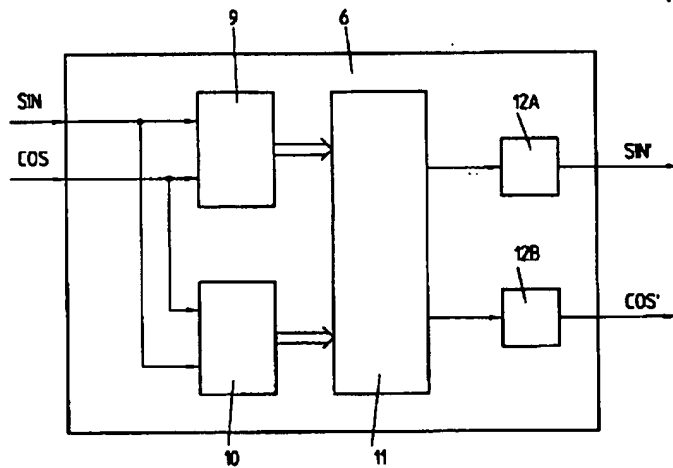
16

- 5 信号発生ユニット
- 6 信号周期可変ユニット
- 7a, 7b 信号伝送導線
- 8 制御導線
- 9, 10 内挿ユニット
- 11 記憶ユニット
- 12A, 12B デジタル・アナログ変換器
- 21A, 21B 換算表
- 21A<sub>1</sub> ~ 21A<sub>n</sub>, 21B<sub>1</sub> ~ 21B<sub>n</sub> 表領域
- 22A, 22B デジタル・アナログ変換器
- 23 方向識別ユニット
- 24 アドレス計数ユニット
- 25 入力計数ユニット
- 26 信号周期可変ユニット
- 27 プロセッサユニット
- 28 貫通計数ユニット
- 29 内挿ユニット
- 30 データ導線
- 31 データ導線
- 32 データ導線
- 34A, 34B アドレス表示器
- 36 データ導線
- 37a, 37b 信号伝送導線
- 38 貫通計数ユニット
- 39 検出手段
- 40 データ記憶器
- 41 記憶回路
- SIN, COS 位置測定装置から出力されたアナログ増分信号
- SIN', COS' 平均化されたアナログ増分信号
- SP 信号周期
- SP' 信号周期
- KD 補償データ
- SPM 目標位置測定値
- DZM 通過計数値
- AZW アドレス計数値
- IPM 実測位置測定値
- p 空気圧力
- T 空気温度
- f 空気湿度
- $\lambda$  レーザーの放出波長
- $\lambda_{\text{air}}$  空気中の光の波長
- $t_c$  切換時点

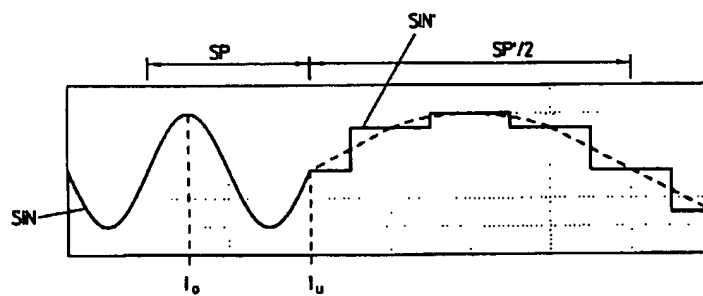
【図1】



【図2】



【図3】



(72)発明者 ライナー・ハグル  
ドイツ連邦共和国、83352 アルテンマル  
クト、アム・ストローホフ、6アー  
(72)発明者 マテイアス・ハウスシュミット  
ドイツ連邦共和国、83349 バリング、オー  
ーバーヴァイセンキルヒエン、11

(72)発明者 エルヴィン・シュバンナー  
ドイツ連邦共和国、83278 トラウンシュ  
タイン、フオルストマイヤーストラッセ、  
12

(72)発明者 ユルゲン・テイル  
ドイツ連邦共和国、83362 シュールベル  
ク、アングェルライテン、16

(72)発明者 ヨハン・ストライトヴィーザー  
ドイツ連邦共和国、83355 グラーベンシ  
ユテート、ゾンネンストラッセ、8